

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНИХ РОБІТ

з курсу

«ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

*(для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології",
а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання")*

Харків
ХНАМГ
2013

Методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт курсу «Перехідні процеси в електроенергетиці» (для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: М. Ф. Піскульов, С. В. Швець – Х.: ХНАМГ, 2013 - 31 с.

Укладачі: ст. викл. М. Ф. Піскульов,
доц., к.т.н., доц. С. В. Швець

Рецензент: к.т.н., доц. Хітров А.В.

Рекомендовано кафедрою "Електропостачання міст",
протокол засідання № 3 від 24 листопада 2011 р.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Загальні положення.....	4
2. Основні визначення.....	5
3. Вказівки до виконання розрахунків при коротких замиканнях...	6
4. Симетричні короткі замикання.....	7
5. Ударний струм короткого замикання та ударний коефіцієнт.....	8
6. Практичні методи розрахунку трифазного короткого замикання	9
7. Несиметричні короткі замикання (однократна поперечна несиметрія)	10
8. Однократна подовжня несиметрія і методи її розрахунку	11
9. Замикання в розподільних мережах і системах електропостачання	12
10. Вимоги до оформлення	13
11. Завдання до розрахунково-графічної роботи "Розрахунок струмів коротких замикань в електричних мережах"	13
Список джерел.....	31

ВСТУП

Методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт з курсу "Перехідні процеси в електроенергетиці" призначені для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання".

У цих методичних вказівках розглядаються питання про значення перехідних процесів у створенні надійних систем електропостачання; причини виникнення і наслідків аварійних режимів у системах електропостачання, закономірності протікання електромагнітних і електромеханічних перехідних процесів при різних режимах роботи систем електропостачання; розрахункові параметри елементів електричних систем, що відповідають перехідним режимам; методи розрахунку перехідних процесів при симетричних і несиметричних режимах і, нарешті, вибір і перевірка апаратури і струмоведучих елементів систем електропостачання з урахуванням параметрів, що виникають при перехідних процесах, і т.д.

Розрахунково-графічні роботи припускають більш повне і глибоке вивчення студентами теоретичного курсу, а також придбання самостійних навичок в інженерних розрахунках. Вони дають можливість якісно і кількісно аналізувати отримані розрахунковим шляхом результати, приймати конкретні інженерні рішення для забезпечення надійності і безперебійного електропостачання споживачів.

Докладний список літератури, наведений у методичних вказівках, дозволить студентам поглиблювати і розширювати здобуті знання, плідно використовувати час, призначений для самостійної роботи.

Методичні вказівки ухвалено:

- Кафедрою електропостачання міст. (протокол № 3 від 24 листопада 2011 р.).
- Вченою радою факультету електропостачання та освітлення міст. (протокол № 6 від 17 лютого 2011 р.).

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Студент повинний усвідомити, що вивчення перехідних процесів необхідно насамперед для ясного представлення про причини виникнення і фізичної сутності цих процесів, а також для розробки практичних критеріїв і методів їхньої кількісної оцінки для того, щоб можна було передбачати і заздалегідь запобігти небезпечні наслідки таких процесів

При проектуванні та експлуатації електричних установок і систем для рішення великого комплексу технічних питань і задач потрібно попередньо виконати ряд розрахунків, серед яких помітне місце займають розрахунки електромагнітних перехідних процесів, зокрема, процесів при раптовому короткому замиканні.

Під розрахунком електромагнітного перехідного процесу звичайно розуміють обчислення струмів і напруг у розглянутій схемі при заданих умовах.

При виконанні розрахунково-графічної роботи студенти повинні виявити знання значення перехідних процесів у створенні надійних систем електропостачання ; причин виникнення і наслідків аварійних режимів у системах електропостачання; закономірності протікання електромагнітних перехідних процесів при

різних режимах систем електропостачання; розрахункових параметрів елементів електричних систем, що відповідають перехідним режимам; методів розрахунку електромагнітних перехідних процесів при різних режимах систем електропостачання; розрахункових параметрів елементів електричних систем, що відповідають перехідним режимам; методів розрахунку електромагнітних перехідних процесів при симетричних і несиметричних режимах, а також уміння організувати безаварійну експлуатацію систем електропостачання; скласти розрахункову схему короткозамкнутого ланцюга і приводити параметри її елементів до базисних умов; визначати результуючий опір короткозамкнутого ланцюга; розраховувати струми короткого замикання в різних крапках систем електропостачання; вибирати апаратуру і струмоведучі елементи систем електропостачання з урахуванням параметрів, що виникають при перехідних процесах; обмежувати значення струмів в аварійних і післяаварійних режимах; складати математичний опис електромагнітних перехідних процесів; користатися фізичними і математичними моделями для розрахунку електромагнітних перехідних процесів; проектувати систему електропостачання з обліком можливих аварійних ситуацій і виникаючих перехідних процесів; правильно оцінювати значення струмів короткого замикання без складних розрахунків і обчислень.

2. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ

Необхідно знати, що під електромагнітними перехідними процесами розуміються процеси, при яких не враховуються механічний стан системи і швидкості обертання роторів генераторів постійні.

Найбільш розповсюдженими перехідними процесами в електричній системі є процеси, викликані включенням і відключенням двигунів і інших приймачів електроенергії, коротким замиканням, а також повторним включенням і відключенням (одночасним чи каскадною) короткозамкнутого ланцюга; виникненням місцевої несиметрії в системі (наприклад, відключенням тільки однієї чи фази двох); дією форсировки порушення синхронних машин, а також їхнього різнозбудження (тобто гасінням їхнього магнітного поля); несинхронним включенням синхронних генераторів.

Основною причиною виникнення електромагнітних перехідних процесів є коротке замикання.

Коротке замикання – це всяке, не передбачене номінальними умовами роботи замикання між фазами, а в системах із заземленими нейтралями (чи чотирьох-провідною) – також замикання однієї чи декількох фаз на землю (чи на нульовий провід).

У трифазних системах із заземленою нейтраллю розрізняють наступні види коротких замикань в одній точці: трифазне до (3), двохфазне до (2), однофазне до (1), двохфазне на землю, тобто замикання двох фаз між собою з одночасним замиканням тієї ж точки на землю до (1,1).

Металеве трифазне коротке замикання є симетричним, тому що при ньому усі фази залишаються в однакових умовах. Всі інші види коротких замикань є несиметричними, оскільки при кожному з них фази знаходяться вже не в однакових умовах, тому системи струмів і напруг при цих видах короткого замикання тією чи іншою мірою спотворюються.

3. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ

Розрахунок електромагнітного перехідного процесу в сучасній електричній системі, з урахуванням всіх умов і факторів, складний і громіздкий. Тому для спрощення задачі і додання їй практичної можливості вводиться ряд допущень. Останні залежать від характеру і постановки самої задачі, не повинні робити істотного впливу на кінцевий результат [1, стор.25; 2, стор.4-7].

Поняття про розрахункові умови. Відповідно до призначення проведеного на практиці розрахунку електромагнітного перехідного процесу встановлюються розрахункові умови [1, стор. 27 - 28].

Розрахунок електромагнітних перехідних процесів, обумовлених короткими замиканнями, можна робити в іменованій і відносній системах одиниць. Представлення будь-яких фізичних величин (струмів, опорів, потокозчеплення, потужностей, напруг і т.д.) у відносній, безрозмірній системі одиниць дозволяє спростити деякі теоретичні викладення і додати їм більш загальний характер. У практичних розрахунках таке представлення величин додає результатам велику наочність і гавкає можливість швидше орієнтуватися в порядку обумовлених значень. Завдяки цьому багатоступінчасті, складні, розгалужені схеми електричних високовольтних систем доцільно розраховувати у відносній системі одиниць. Струми короткого замикання в електричних системах до 1000 В, а також прості електричні ланцюги з малою кількістю ступеней напруг можна розраховувати в іменованій системі одиниць.

Під відносним значенням якої-небудь величини розуміють її відношення до іншої однойменної величини, обраної за одиницю виміру. Отже, щоб виразити окремі величини у відносних одиницях, потрібно насамперед вибрати ті величини, що повинні служити відповідним одиницям виміру.

При виборі одиниць для струму, напруги (ЕДС), потужності й опору мається тільки два ступеня, тобто можна вибрати тільки дві одиниці виміру, інші одержати шляхом перерахунку.

Відзначимо, що опір усіх високовольтних елементів, за винятком ліній електропередачі, у довідниках і каталогах задаються переважно у відносній системі одиниць при номінальних умовах - номінальної потужності і номінальній напрузі, що характеризуються заводом-виготовлювачем.

При наявності схем з довільним числом всіляких елементів як одиниці вимірювання встановлюються базисні умови, зручні для виробленого розрахунку, наприклад, базисний струм і базисна потужність, чи базисна напруга і базисна потужність, чи базисний опір і базисний струм. Дві інші базисні одиниці (умови) одержують шляхом перерахунку.

Оскільки вибір базисних умов довільний, то та й сама діюча величина може мати різні чисельні значення при вираженні її у відносних одиницях. При виборі базисних умов потрібно керуватися міркуваннями, щоб обчислювальна робота була по можливості простіше, а порядок числових значень відносних базисних величин був досить зручний для оперування.

Для базисної потужності доцільно приймати просте кругле число (1000 МВА, 100 МВА і т.д.), а іноді часто повторювану номінальну потужність у заданій схемі.

За базисну напругу рекомендують приймати номінальну чи близьку до нього напругу. Розрахунок розрахунково-графічної роботи варто проводити у відносній системі одиниць при базисних умовах. Як базисну напругу потрібно приймати напруга ступеня короткого замикання [1, стор.28-35; 2, стор.18].

Складання схем заміщення. Будь-яку схему електричної системи при наявності трансформаторів і автотрансформаторів для розрахунку струмів короткого замикання необхідно представити схемою заміщення. Скласти схему заміщення - це значить замінити всі магнітозв'язані ланцюги одним еквівалентним електрично зв'язаним ланцюгом.

Складання схем заміщення зводиться до приведення параметрів елементів і ЕДС різних ступеней трансформації заданої схеми системи до якого-небудь одного ступеню, обраного за основний. У якості основного можна взяти будь-як ступень напруги, однак доцільно вибрати той ступень, на якому необхідно обчислити струми, напруги й ін.

Коефіцієнти трансформації беруть від того ж ступеня, що прийнятий в якості основного, до того, параметри якого приводяться.

Для точних розрахунків користаються точними схемами заміщення, а для інженерних практичних розрахунків, що не претендують на велику точність, - наближеними формулами приведення до схем заміщення. У наближених формулах приведення діють середні коефіцієнти трансформації

Повні величини струмів, ЕДС, напруг, опорів повинні бути перелічені стільки разів, скільки мається трансформаторів на шляху між приведеним і прийнятим за основну ступенями.

Формули приведення в іменованій і відносній системах одиниць представлені в [1, стор.35-46; 2, завдання 1-17, стор.34-38, завдання 1-9, стор.22-24].

При розрахунку розрахунково-графічної роботи використовують наближені формули приведення. За основну доцільно приймати той ступень, де розглядається в схемі коротке замикання.

Перетворення схем заміщення. Для перетворення схем заміщення при розрахунках струмів короткого замикання застосовують усі методи перетворень, відомі з ТОЕ. При цьому варто звернути увагу на наступне:

- а) рекомендації для перетворення складних систем схем заміщення при розрахунку струмів короткого замикання;
- б) еквівалентні ЕДС, метод трансфігурацій, сполучення точок однакового потенціалу, симетрії схем;
- в) метод коефіцієнтів участі і розподілу;
- г) обчислення струморозподілення і напруги в схемі, що розраховується, [1 стор. 46-57, приклади 2-3, 2-4].

4. СИМЕТРИЧНІ КОРОТКІ ЗАМИКАННЯ

Трифазне коротке замикання може відбутися практично в будь-який момент часу і при будь-якому попередньому короткому замиканню режимі.

Розрахункові умови при короткому замиканні передбачають найбільш несприятливі умови для його виникнення (проходження ЕДС, напруги через 0 і

попередній короткому замиканню режим є режим холостого ходу).

Крім того, характер зміни струмів у перехідному режимі, обумовленого коротким замиканням, залежить від потужності джерела, яке живить короткозамкнутий ланцюг.

Параметри генерируемого джерела у залежності від розглянутого моменту часу перехідного процесу різні.

При виконанні розрахунково-графічної роботи з розрахунку симетричних коротких замикань особливу увагу необхідно звернути на наступні питання:

- процес раптового трифазного короткого замикання в нерозгалуженому ланцюзі, який живиться від джерела синусоїдальної напруги з незмінною амплітудою і частотою;
- розрахункові умови;
- характер зміни періодичної й аперіодичний складової струму короткого замикання у часі.

5. УДАРНИЙ СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА УДАРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ

Способи завдання та обліку системи необмеженої потужності при розрахунках струмів короткого замикання.

Способи обчислення опорів системи нескінченної потужності в іменованій і відносній системах одиниць.

Обчислення постійної часу ланцюга T_a для найпростішого електричного ланцюга.

Обчислення потужності короткого замикання [1, стор.233-241; приклад 10-1, стор. 241-242; 1, стор.56-57, 58-74, 233-236; приклад 3-1, стор.71-73; приклад 10-1 стор.235-236, 2, стор.7-8, задачі 1-1,1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-7, 1-8, 1-10, 1-11, 1-13, 1-14, стор.8-84].

Процес трифазного короткого замикання в ланцюзі із синхронним генератором.

Розрахункові умови.

Параметри синхронного генератора в перехідному режимі і способи їхнього визначення.

Перехідні і зверхперехідні ЕДС і опори синхронних генераторів.

Схеми заміщення синхронних генераторів у перехідному режимі.

Характер зміни періодичної складової струму короткого замикання в синхронному генераторі без демпферних обмоток з АВР і без АВР у часі.

Характер зміни періодичної складової струму короткого замикання в синхронному генераторі з демпферними обмотками з АВР і без АВР у часі.

Постійні часу загасання вільного перехідного і зверхперехідного струмів статора синхронного генератора.

Вплив і облік навантаження в перехідному режимі трифазного короткого замикання; параметри двигунів і узагальненого навантаження для різних моментів часу.

Параметри двигунів і узагальненого навантаження в початковий момент короткого замикання при близькості точки короткого замикання до затисків двигуна.

Характер зміни аперіодичної складової струму короткого замикання в часі.

Ударний струм короткого замикання й ударний коефіцієнт.

Визначення $T_{а\text{ екв}}$ у складних ланцюгах.

Параметри синхронних генераторів (синхронні ЕДС і опори) у сталому режимі короткого замикання.

Основні характеристики, параметри і співвідношення сталого режиму короткого замикання (характеристики холостого ходу, короткого замикання, відношення короткого замикання, реактивності розсіювання статора).

Вплив навантаження на величину сталого струму короткого замикання.

Розрахункові параметри навантаження в сталому режимі КЗ.

Поняття про критичний струм і критичний опір [1, стор.112-131, приклад 6-2 стор.125-128; стор.144-160; стор. 191-225; 1, стор.91-112; приклади 51, 98-99; приклад 6-1, стор.119-121; 6-2, стор.125-128; приклад 8-1, стор.173; 8-2, стор.175, 2, стор. 48-49; 2 стор. 207-208; задача 5-10, стор.218-220, задача 5-15, стор.228-234].

6. ПРАКТИЧНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

- Обчислення струмів короткого замикання від систем необмеженої потужності.
- Обчислення періодичної складової струму короткого замикання для будь-якого моменту часу.
- Обчислення аперіодичної складової струму короткого замикання в часі.
- Обчислення миттєвого значення ударного струму короткого замикання.
- Обчислення ефективного значення ударного струму короткого замикання.
- Обчислення струмів короткого замикання від джерел кінцевої потужності, що генерують.
- Обчислення початкових значень періодичної складової струму короткого замикання (перехідного і зверхперехідного).
- Обчислення аперіодичної складової струму короткого замикання в початковий момент виникнення.
- Обчислення $T_{а\text{ екв}}$ для складних схем електричних систем.
- Обчислення ударного струму короткого замикання й ударного коефіцієнта.
- Обчислення сталого струму короткого замикання без АВР.
- Обчислення сталого струму короткого замикання з АВР.
- Обчислення критичного опору і критичного струму при сталому режимі короткого замикання.
- Обчислення періодичної складової струму короткого замикання в часі методом розрахункових кривих з обліком АВР.
- Розрахунок по загальній зміні з АВР.
- Розрахунок по індивідуальній зміні з АВР, принцип вибору індивідуальних груп, що генерують.
- Поняття про розрахунковий опір.
- Уточнення методу розрахункових кривих.
- Обчислення періодичної складової методом спрямлених характеристик.
- Визначення розрахункових параметрів генератора E_t і X_t .

- Визначення режимів роботи генератора з АВР.
- Побудова кривої зміни періодичної складової струму короткого замикання в часі [1, стор.131-144; приклади 6-3, 6-4, 6-5, стор.139-141; приклад 6-4, стор.141-144; приклад 8-3, стор.191; приклад 9-1, стор.200-205; приклад 9-2, стор.213-215; приклади 9-3, 9-4, стор.221-225; 2 стор.48-49, задачі 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 2-9, 2-10, 2-11, 2-12, 2-13, 2-15, 2-18, 2-20, 2-21, 2-22; 1 приклади 5-2, 5-3, стор. 102-104; 5-4, стор.106-108; 5-5, стор.109-112; 2, стор.109-112; 2, стор.110-111, задачі 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12, стор.111-128; 1, стор. 203-233; 243-272; приклад 10-3 стор.252; 10-4, стор. 259-262; приклад 10-5, стор. 269-271; 2, задачі 5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5, 5-6, 5-7, 5-8, 5-9, 5-11, 5-12, 5-13, 5-14, 5-17, 5-23, 5-24, стор. 208-256]

7. НЕСИМЕТРИЧНІ КОРОТКІ ЗАМИКАННЯ (ОДНОКРАТНА ПОПЕРЕЧНА НЕСИМЕТРІЯ)

З курсу теоретичних основ електротехніки відомо, що в електричних установках, виконаних симетрично (якими є електричні системи), застосування методу симетричних складових значною мірою спрощує аналіз несиметричних процесів, тому що при цьому симетричні складові струмів зв'язані законом Ома із симетричними складовими напруг тільки одноіменної послідовності, що цілком застосовно при однократній несиметрії. Комплексна форма запису рівнянь справедлива не тільки для стаціонарного режиму, але і для перехідного процесу.

Всі опори, якими характеризуються окремі елементи в нормальному симетричному режимі, а також симетричному перехідному процесі, є, власне кажучи, опорами прямої послідовності.

При відсутності магнітного зв'язку між фазами якого-небудь елемента, його опір не залежить від порядку проходження фаз струму. Активна і реактивна складова опору такого елемента залежать тільки від частоти струму і, отже, для всіх послідовностей однакові.

Для елементів, магнітозв'язанні ланцюги яких переміщуються друг щодо друга, опори прямої і зворотної послідовності різні. Сюди відносяться генератори і двигуни.

Для елементів, магнітозв'язанні ланцюги яких не підведені відносно один одного, опори прямої і зворотної послідовностей однакові, тому що від зміни порядку чергування фаз симетричної трифазної системи струмів взаємоіндукція між фазами такого елемента не зміниться.

Таким чином, для трансформаторів, автотрансформаторів, повітряних ліній, кабелів і реакторів активні, реактивні і повні опори прямої і зворотної послідовностей відповідно рівні.

Система струмів нульової послідовності різко відрізняється від систем струмів прямої і зворотної послідовностей, унаслідок чого опір нульової послідовності в загальному випадку істотно відрізняється від опору прямої і зворотної послідовності.

Задача перебування струмів і напруг при розглянутому несиметричному перехідному процесі, власне кажучи, зводиться до нарахування складових цих величин.

Для обчислення струмів короткого замикання однократної несиметрії необ-

хідно вміти скласти схеми заміщення всіх послідовностей і знайти результуючий опір всіх послідовностей. Розрахунок однократної несиметрії зводиться в основному до обчислення струмів прямої послідовності основної фази.

При виконанні розрахунково-графічної роботи з розрахунку несиметричних коротких замикань варто акцентувати увагу на таких питаннях:

- Застосовність методу симетричних складових до дослідження несиметричних коротких замикань.
- Магнітні поля в синхронному генераторі при несиметричних коротких замиканнях. Умови утворення вищих гармонік у синхронних генераторах.
- Параметри в/ч елементів електричних систем для струмів прямої, зворотної і нульової послідовностей (генераторів, навантаження, трансформаторів, ліній електропередачі, реакторів).
- Складання схем заміщення зворотної і нульової послідовностей.
- Основні рівняння при несиметричних коротких замиканнях.
- Розрахункові вирази для струмів і напруг у місці короткого замикання при двохфазному, двохфазному к.з. на землю, однофазному к.з.
- Вектори діаграми струмів і напруг у місці короткого замикання.
- Трансформація окремих симетричних складових.
- Співвідношення між струмами різних видів коротких замикань.
- Загасання струмів при несиметричних коротких замиканнях.
- Комплексні схеми заміщення
- Правило еквівалентності прямої послідовності, (1, стор.272-350 приклади 14-1, 14-2, 14-3, 14-4, стор.331-338 приклади 14-5, 14-6, стор.344-346; 2, стор.257-260; задачі 6-11, 6-12, 6-13, стор. 275-281).
- Практичні методи розрахунків однократних несиметричних коротких замикань.
- Обчислення початкових значень струмів і напруг.
- Облік могутніх двигунів при обчисленні початкових значень періодичної складової струму короткого замикання при безпосереднім розташуванні останніх біля точки короткого замикання.
- Обчислення ударних струмів короткого замикання від джерел, що генерують.
- Застосовність методу накладення при розрахунку несиметричних коротких замикань.
- Застосування методу розрахункових кривих для обчислення періодичної складової струму.
- Застосування методу спрямлених характеристик для обчислення періодичної складової струму короткого замикання.
- Обчислення аперіодичної складової струму короткого замикання [1, стор. 350-384; приклади 14-7, 14-8, 14-9, 14-10, 14-11, 14-12, стор. 352-367; 2, задачі 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5, 6-6, 6-7, 6-8, 6-9, стор.260-275; 2, задачі 6-10, 6-11, 6-12, 6-13, 6-14, стор.275-281; 2, задачі 6-34, 6-35, 6-36, 6-38, стор. 326-345; 2, задачі 6-45, 6-46, 6-47, 6-48, 6-49, 6-50, 6-51, 6-52, 6-53, стор. 356-380].

8. ОДНОКРАТНА ПОДОВЖНЯ НЕСИМЕТРІЯ І МЕТОДИ ЇЇ РОЗРАХУНКУ

При однократній подовжній несиметрії основні рівняння для кожної послідовності мають той самий вид, що і для поперечної однократної несиметрії, тільки замість U_{k1} , U_{k2} , U_{k0} у них варто ввести різниці фазних напруг відповідних послідовностей по кінцях місцевої несиметрії, а результуюче опір обчислювати щодо місця подовжньої несиметрії.

При виконанні розрахунково-графічної роботи потрібно вивчати:

- Розрив однієї фази.
- Розрив двох фаз.
- Несиметрія від включення опорів.
- Правило еквівалентності прямої послідовності.
- Комплексні схеми заміщення.
- Розподіл напруг.
- Застосування принципу накладення.
- [1, стор.385-409, приклади 15-1, 15-2, 15-3 стор.396-401; приклади 15-4, 15-5, 15-6, стор.402-404, приклад 15-7, стор.407-409].

9. ЗАМИКАННЯ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ І СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Розподільні мережі 3-35 кВ, живлення яких здійснюється від районних підстанцій електричної системи, звичайно є другими чи третіми ступенями трансформації від станції системи, що генерує. Характерним для розподільних мереж є їх відносно велика електрична відстань від могутніх джерел живлення. Тому аварійні процеси в розподільних мережах мало позначаються на роботі генераторів системи. Тому практично можна вважати, що при будь-яких порушеннях режиму роботи розподільної мережі напруга вищої ступені трансформації залишається незмінною.

Місцеві станції, що знаходяться безпосередньо в самій розподільній мережі, потрібно враховувати окремо. Це стосується і синхронних конденсаторів, а також великих синхронних двигунів, що можуть знаходитися в розподільній мережі. При наявності кабельних чи ліній повітряних мереж зі сталевих проводів приходиться враховувати їхній активний опір. Розподільні мережі зазначених напруг, як правило, працюють з ізольованою нейтраллю, заземленою через великий опір, тому при замиканні на землю однієї фази такої мережі не утворюються звичайні умови однофазного короткого замикання. Виникаючий при цьому струм обумовлений ємкісною провідністю мережі і по величині менше струму однофазного короткого замикання з глухозаземленою нейтраллю. Однак при відсутності компенсації величина цих струмів при аваріях може досягати сотень амперів.

Електричні установки до 1000В знаходяться на ще більшому віддаленні від генераторів системи, що дозволяє з великою підставою вважати напругу у вузлі, від якого харчуються такі установки, незмінною незалежно від аварійних процесів, що відбуваються в них.

Для виконання розрахунково-графічної роботи студент повинен знати:

Розрахункові умови.

- Просте замикання на землю. Облік зміни параметрів провідників у мережі.
- Облік місцевих джерел і навантажень. Розрахунок струмів короткого замикання в установках до 1000В. [1, стор.434-456, приклади 17-1, 17-2, 17-3, стор.440-447 приклад 17-4, стор. 455-456; 2, стор.388-389, задачі 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 7-5, 7-6, 7-7, 7-8, 7-9, 7-10, 7-11, 7-12, 7-13, 7-14, 7-15].
- Дія струмів короткого замикання і вибір апаратури.
- Механічна дія струмів короткого замикання (іуд).

- Визначення механічних зусиль на ізолятори.
- Визначення механічних зусиль у шинах.
- Термічна дія струмів короткого замикання (I_w).
- Визначення фіктивного часу.
- Визначення мінімального необхідного перетину провідника по термічній стійкості при короткому замиканні.
- Вибір апаратури по режиму короткого замикання.
- Основні умови вибору апаратури (вимикачів, роз'єднувачів, трансформаторів струму, реакторів і т.д.). [1, стор.237-242, приклад 10-2, стор.241-242; 2, задачі 2-5, 2-6, 2-7, 2-9, стор.57-90; 1, стор.367-368, приклад 14-14 стор.368-370; 2, задачі 6-25, 6-26, 6-28, 6-29, 6-30, 6-31, 6-32, 6-33, стор.302-326, 1-15, стор.80-34, 2-16, стор.8 2-18, стор.81; 3, гл.7, стор.131-139; гл.21, стор.325-334, приклад 21-1, стор.334-337].

10. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ

Розрахунково-графічну роботу виконують відповідно до виданого керівником завдання.

Формули, по яких ведуть розрахунок, а також таблиці повинні мати наскрізну нумерацію.

Розрахунок здійснюють на стандартних аркушах папера.

На початку розрахунку поміщають титульний лист, далі йде видане керівником завдання, потім зміст, і наприкінці пояснювальної записки приводять таблицю даних, отриманих у результаті розрахунку, струмів при симетричному і несиметричному к.з., далі вказують список використаних джерел.

Нумерацію сторінок пояснювальної записки, зміст, заголовки таблиць і оформлення графіків роблять відповідно до вимог ЕСКД.

По кожному розділу завдання необхідно написати коротке пояснення, що аналізує й узагальнює отримані результати.

11. ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ "РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ"

Визначення варіанту.

Вихідні данні для виконання розрахунково-графічної роботи представлені у табл. 1 Номер варіанту відповідає номеру по спуску у журналі навчальної групи студента.

Завдання для розрахунку.

При виконанні розрахунково-графічної роботи необхідно знайти:

1. У заданій точці K_i електричної схеми аналітичним методом визначити:

- початкове значення періодичної складової струму трифазного короткого замикання;
- значення ударного струму, діюче значення струму за перший період;
- ударне і діюче значення струму, що протікає через вимикач В в початковий момент часу після виникнення короткого замикання;

- процентний вміст аперіодичної складової струму в повному струмі, що протікає через вимикач Ві при виникненні короткого замикання.

2. Використовуючи метод розрахункових кривих у зазначеній крапці Кі визначити значення періодичної складової струму для $t = 0$ сек, $t = 0,2$ сек і $t = \infty$ при трифазному та однофазному короткому замиканні.

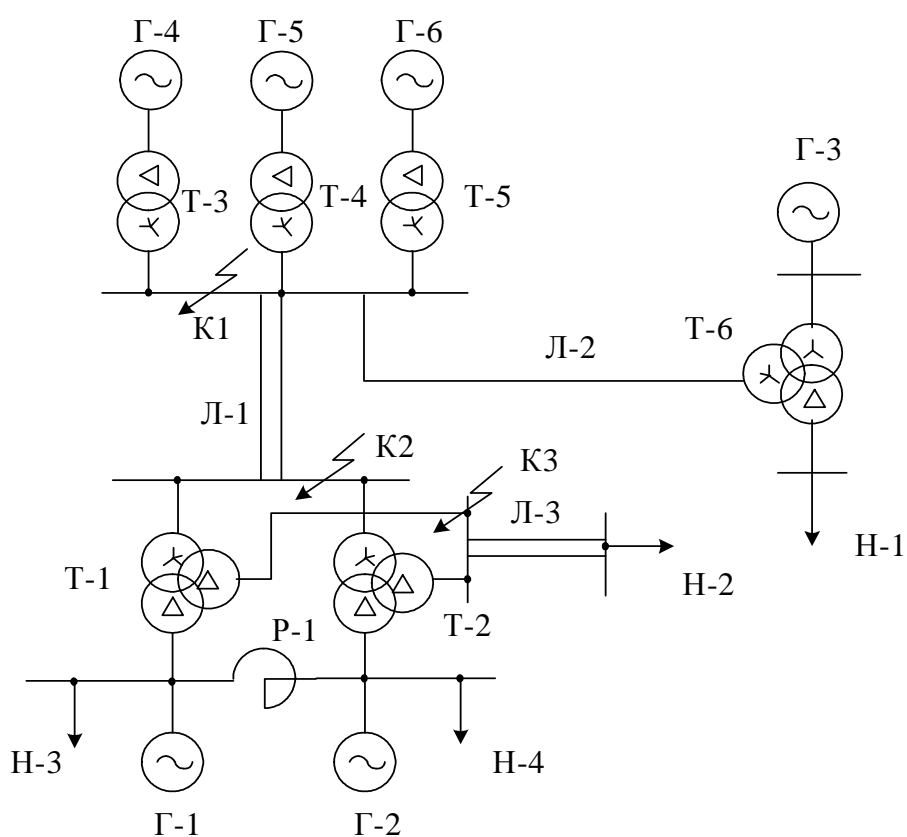
Таблиця 1 - Вихідні дані до розрахунків

Номер варіанту	Точка КЗ	Варіант вихідних даних
1	2	3
1	1 (сх. 1)	1
2	2 (сх. 1)	
3	3 (сх. 1)	
4	4 (сх. 2)	
5	5 (сх. 2)	
6	6 (сх. 2)	
7	7 (сх. 3)	
8	8 (сх. 3)	
9	9 (сх. 3)	
10	10 (сх. 3)	
11	11 (сх. 4)	
12	12 (сх. 4)	
13	13 (сх. 4)	
14	14 (сх. 4)	
15	15 (сх. 4)	
16	1 (сх. 1)	2
17	2 (сх. 1)	
18	3 (сх. 1)	
19	4 (сх. 2)	
20	5 (сх. 2)	
21	6 (сх. 2)	
22	7 (сх. 3)	
23	8 (сх. 3)	
24	9 (сх. 3)	
25	10 (сх. 3)	
26	11 (сх. 4)	
27	12 (сх. 4)	
28	13 (сх. 4)	
29	14 (сх. 4)	
30	15 (сх. 4)	
31	16 (сх. 5)	1
32	17 (сх. 5)	
33	18 (сх. 5)	
34	19 (сх. 5)	
35	20 (сх. 5)	
36	21 (сх. 5)	
37	22 (сх. 6)	
38	23 (сх. 6)	
39	24 (сх. 6)	
40	25 (сх. 6)	1
41	26 (сх. 6)	
42	27 (сх. 6)	

Продовження табл. 1.

1	2	3
43	16 (cx. 5)	2
44	17 (cx. 5)	
45	18 (cx. 5)	
46	19 (cx. 5)	
47	20 (cx. 5)	
48	21 (cx. 5)	
49	22 (cx. 6)	
50	23 (cx. 6)	
51	24 (cx. 6)	
52	25 (cx. 6)	
53	26 (cx. 6)	
54	27 (cx. 6)	
55	28 (cx. 7)	1
56	29 (cx. 7)	
57	30 (cx. 7)	
58	31 (cx. 7)	
59	32 (cx. 8)	
60	33 (cx. 8)	
61	34 (cx. 8)	
62	35 (cx. 8)	
63	36 (cx. 8)	
64	28 (cx. 7)	2
65	29 (cx. 7)	
66	30 (cx. 7)	
67	31 (cx. 7)	
68	32 (cx. 8)	
69	33 (cx. 8)	
70	34 (cx. 8)	
71	35 (cx. 8)	
72	36 (cx. 8)	
73	37 (cx. 9)	1
74	38 (cx. 9)	
75	39 (cx. 9)	
76	40 (cx. 9)	
77	41 (cx. 9)	
78	42 (cx. 9)	
79	43 (cx. 9)	
80	44 (cx. 10)	
81	45 (cx. 10)	
82	46 (cx. 10)	
83	47 (cx. 10)	
84	48 (cx. 10)	1
85	49 (cx. 10)	
86	50 (cx. 10)	2
87	37 (cx. 9)	
88	38 (cx. 9)	
89	39 (cx. 9)	
90	40 (cx. 9)	
91	41 (cx. 9)	
92	42 (cx. 9)	
93	43 (cx. 9)	
94	44 (cx. 10)	
95	45 (cx. 10)	
96	46 (cx. 10)	
97	47 (cx. 10)	
98	48 (cx. 10)	
99	49 (cx. 10)	
100	50 (cx. 10)	

Схема 1



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \varphi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2;	32	10,5	0,8	0,148
	Г-3	25	10,5	0,82	0,12
	Г-4; Г-5; Г-6	63	10,5	0,85	0,27
2	Г-1; Г-2;	50	10,5	0,82	0,25
	Г-3	63	10,5	0,83	0,18
	Г-4; Г-5; Г-6	80	10,5	0,8	0,15

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S_H , МВА	U_H , кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В-Н	С-Н	В-С
1	Т-1; Т-2	25	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
	Т-3; Т-4; Т-5	16	115	—	11	10,5	—	—
	Т-6	40	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
2	Т-1; Т-2	80	115	38	11	18,5	7	11
	Т-3; Т-4; Т-5	10	115	—	11	10,5	—	—
	Т-6	63	115	11	11	18,5	7	10,5

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S _Н , МВА	U _Н , кВ
1	Н-1	40	37
	Н-2	10	10,5
	Н-3; Н-4	12	10,5
2	Н-1	16	10,5
	Н-2	20	10,5
	Н-3; Н-4	12	10,5

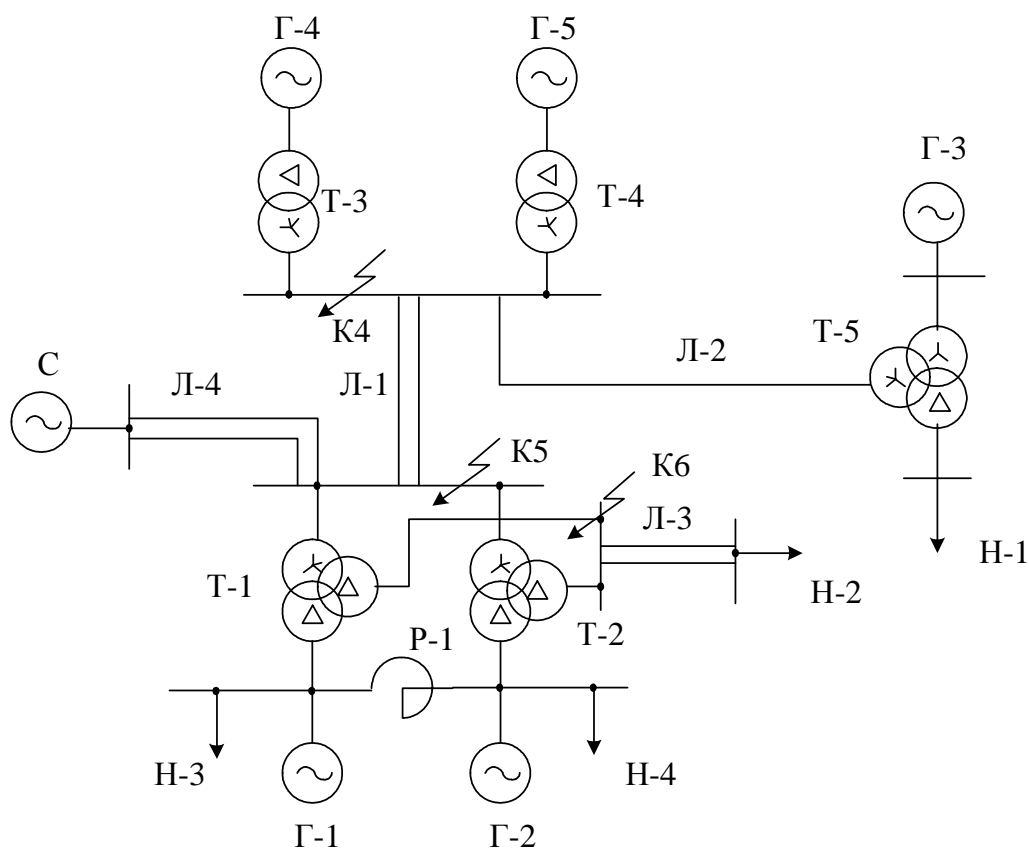
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U _H , кВ	U _K , %	I _H , кА
1	P-1	10	10	2
2	P-1	10	3	0.4

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x ₁ уд, Ом/км	x ₀ / x ₁
1	Л-1	ПЛ	18	0,4	3
	Л-2	ПЛ	27	0,41	3
	Л-3	ПЛ	22	0,43	3,5
2	Л-1	ПЛ	30	0,42	3
	Л-2	ПЛ	12	0,4	3,5
	Л-3	ПЛ	25	0,41	4,5

Схема 2



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \varphi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2;	32	10,5	0,8	0,148
	Г-3	25	10,5	0,82	0,12
	Г-4; Г-5.	63	10,5	0,85	0,27
2	Г-1; Г-2;	50	10,5	0,82	0,25
	Г-3	63	10,5	0,83	0,18
	Г-4; Г-5.	80	10,5	0,8	0,15

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S_H , МВА	U_H , кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В-Н	С-Н	В-С
1	Т-1; Т-2	25	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
	Т-3; Т-4	16	115	—	11	10,5	—	—
	Т-5	40	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
2	Т-1; Т-2	80	115	38	11	18,5	7	11
	Т-3; Т-4	10	115	—	11	10,5	—	—
	Т-5	63	115	11	11	18,5	7	10,5

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S_H , МВА	U_H , кВ
1	Н-1	40	37
	Н-2	10	37
	Н-3; Н-4	12	10,5
2	Н-1	16	10,5
	Н-2	20	37
	Н-3; Н-4	12	10,5

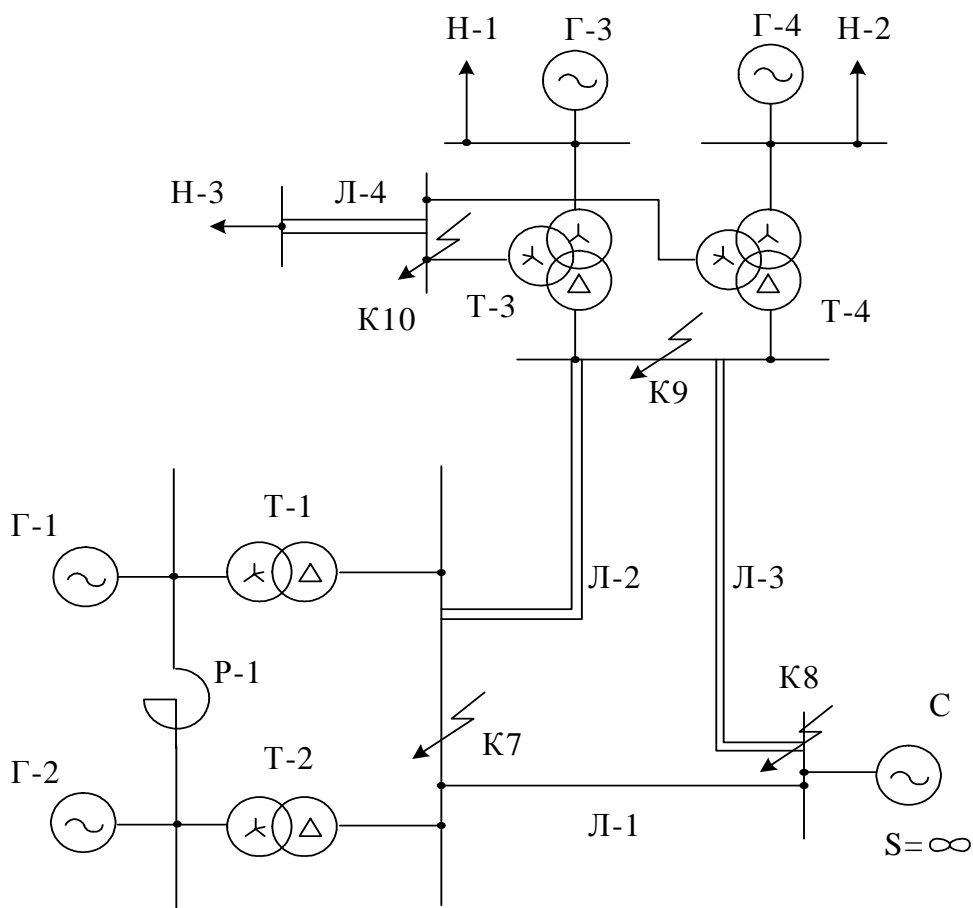
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U_H , кВ	U_K , %	I_H , кА
1	Р-1	10	10	2
2	Р-1	10	3	0,4

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L , км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ПЛ	18	0,4	3
	Л-2	ПЛ	27	0,41	3
	Л-3	ПЛ	22	0,43	3,5
	Л-4	ПЛ	53	0,4	3,2
2	Л-1	ПЛ	30	0,42	3
	Л-2	ПЛ	12	0,4	3,5
	Л-3	ПЛ	25	0,41	4,5
	Л-4	ПЛ	42	0,4	3

Схема 3



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , MBA	U_H , кВ	$\cos \varphi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2;	100	10,5	0,86	0,122
	Г-3; Г-4.	37,5	10,5	0,87	0,21
2	Г-1; Г-2;	25	10,5	0,86	0,14
	Г-3; Г-4.	60	10,5	0,87	0,12

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S _н , МВА	U _н , кВ			U _к , %		
			ВН	СН	НН	В–Н	С–Н	В–С
1	Т-1; Т-2	10	115	–	11	10,5	–	–
	Т-3; Т-4	40	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
2	Т-1; Т-2	16	115	–	11	10,5	–	–
	Т-3; Т-4	63	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S _н , МВА	U _н , кВ
1	Н-1; Н-2	4,2	10,5
	Н-3	20	37
2	Н-1; Н-2	10	10,5
	Н-3	40	37

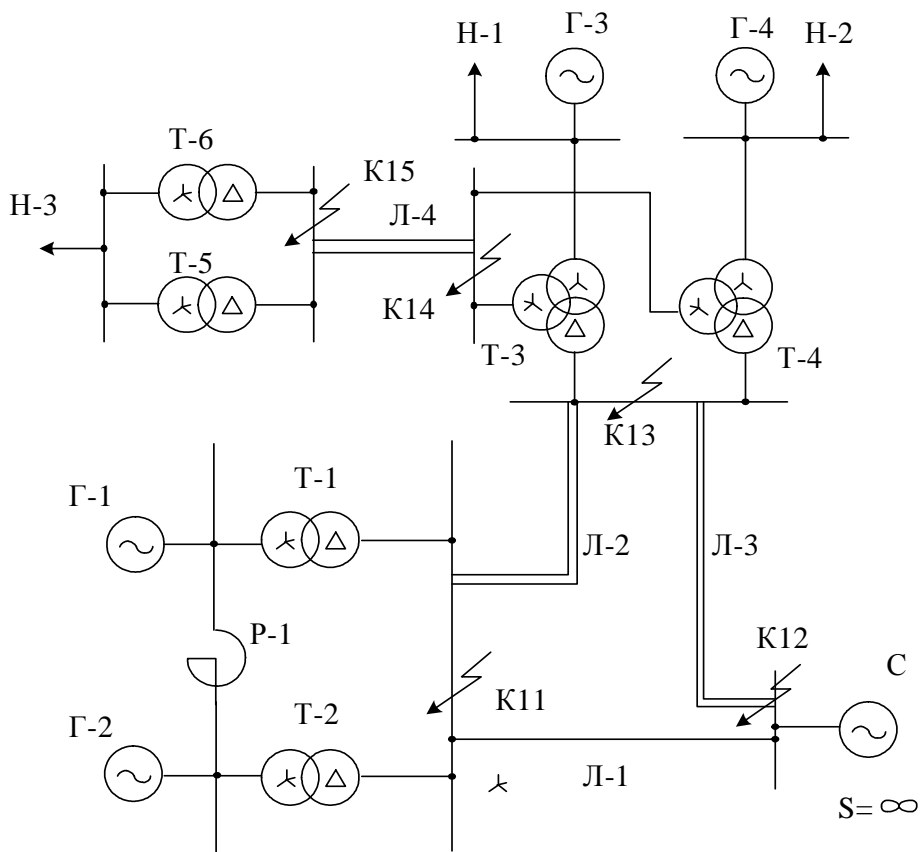
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U_H , кВ	U_K , %	I_H , кА
1	P-1	10	10	2,5
2	P-1	10	3	0,4

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ВЛ	55	0,41	3
	Л-2	ВЛ	30	0,40	3,5
	Л-3	ВЛ	47	0,42	5
	Л-4	ВЛ	20	0,43	3
2	Л-1	ВЛ	20	0,41	2
	Л-2	ВЛ	45	0,40	3
	Л-3	ВЛ	40	0,42	3
	Л-4	ВЛ	32	0,43	3,5

Схема 4



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \phi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2;	100	10,5	0,86	0,122
	Г-3; Г-4.	37,5	10,5	0,87	0,21
2	Г-1; Г-2;	25	10,5	0,86	0,14
	Г-3; Г-4.	60	10,5	0,87	0,12

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S _Н , МВА	U _Н , кВ			U _к , %		
			ВН	СН	НН	В–Н	С–Н	В–С
1	T-1; T-2	10	115	–	11	10,5	–	–
	T-3; T-4	40	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
	T-5; T-6	6,3	35	–	10,5	7,5	–	–
2	T-1; T-2	16	115	–	11	10,5	–	–
	T-3; T-4	63	115	38,5	11	17,5	6,5	10,5
	T-5; T-6	4	35	–	11	7,5	–	–

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S _Н , МВА	U _Н , кВ
1	H-1; H-2	4,2	10,5
	H-3	20	10,5
2	H-1; H-2	10	10,5
	H-3	40	10,5

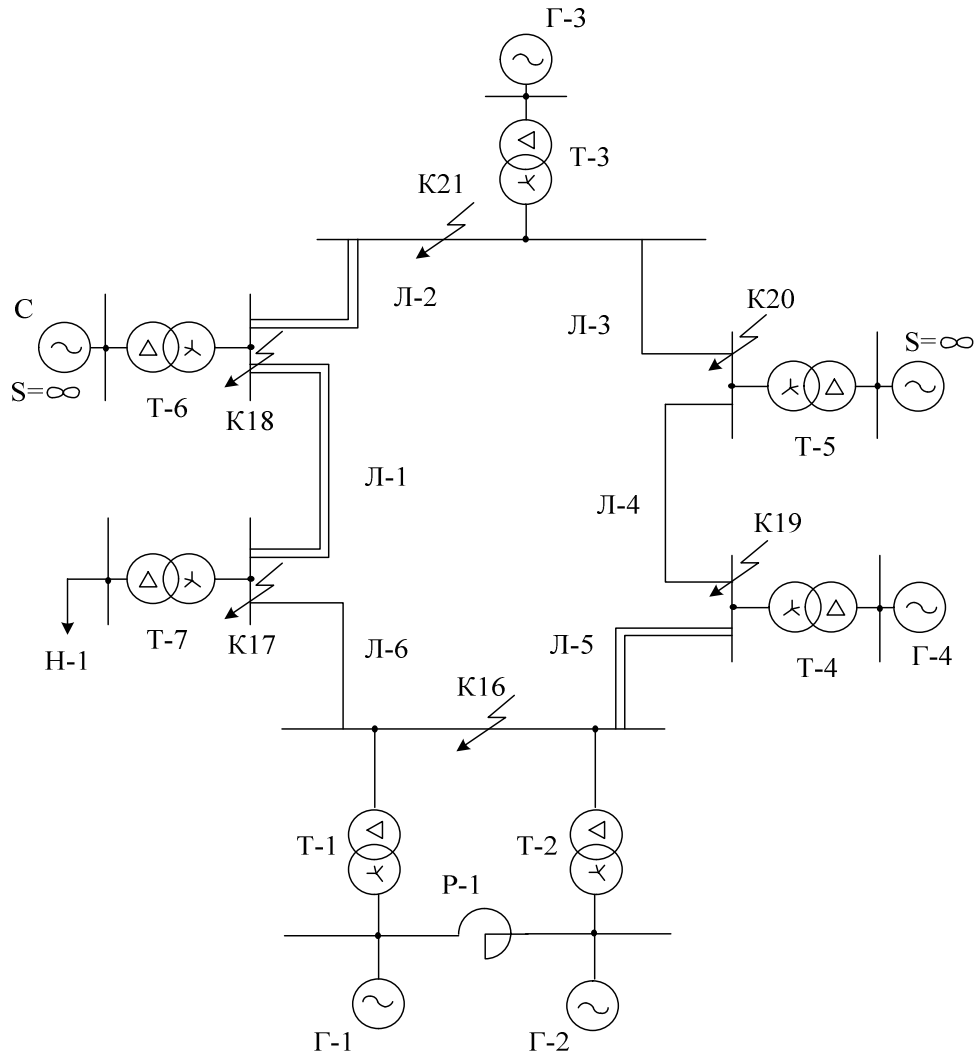
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U _Н , кВ	U _к , %	I _Н , кА
1	P-1	10	10	2,5
2	P-1	10	3	0,4

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x ₁ уд, Ом/км	x ₀ / x ₁
1	Л-1	ВЛ	55	0,41	3
	Л-2	ВЛ	30	0,40	3,5
	Л-3	ВЛ	47	0,42	5
	Л-4	ВЛ	20	0,43	3
2	Л-1	ВЛ	20	0,41	2
	Л-2	ВЛ	45	0,40	3
	Л-3	ВЛ	40	0,42	3
	Л-4	ВЛ	32	0,43	3,5

Схема 5



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , MBA	U_H , кВ	$\cos \varphi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2;	75	10,5	0,85	0,132
	Г-3; Г-4.	100	10,5	0,85	0,19
2	Г-1; Г-2;	25	10,5	0,86	0,14
	Г-3; Г-4.	60	10,5	0,86	0,12

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S_H , MBA	U_H , кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В-Н	С-Н	В-С
1	Т-1; Т-2	40	115	—	10,5	10,5	—	—
	Т-3; Т-4	25	115	—	10,5	10,5	—	—
	Т-5; Т-7	63	115	—	10,5	6,5	—	—
	Т-6	10	220	—	10,5	11	—	—
2	Т-1; Т-2	16	115	—	10,5	10,5	—	—
	Т-3; Т-4	63	115	—	10,5	10,5	—	—
	Т-5; Т-7	40	115	—	10,5	10,5	—	—
	Т-6	25	220	—	10,5	17,5	—	—

Характеристика нагрузки

Вариант	Нагрузка	Параметры нагрузки	
		S_H , МВА	U_H , кВ
1	H-1	40	10,5
2	H-1	20	10,5

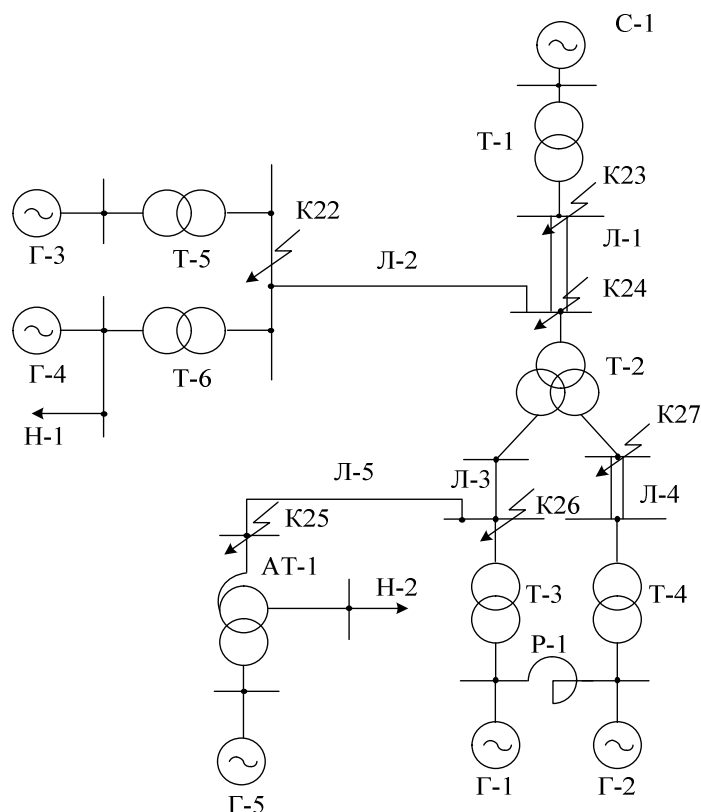
Характеристика реакторів

Вариант	Реактор	Параметры реакторів		
		U_H , кВ	U_K , %	I_H , кА
1	P-1	10	10	2,5
2	P-1	10	3	1,5

Характеристика ліній електропередачі

Вариант	ЛЕП	Параметры ЛЕП			
		Тип	L, км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ВЛ	35	0,41	3
	Л-2	ВЛ	20	0,40	3,5
	Л-3	ВЛ	50	0,42	5
	Л-4	ВЛ	45	0,43	3
	Л-5	ВЛ	23	0,41	2,5
	Л-6	ВЛ	19	0,43	4,5
2	Л-1	ВЛ	20	0,41	2
	Л-2	ВЛ	45	0,40	3
	Л-3	ВЛ	40	0,42	3
	Л-4	ВЛ	32	0,43	3,5
	Л-5	ВЛ	30	0,41	2,5
	Л-6	ВЛ	47	0,43	3,5

Схема 6



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \varphi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2	100	10,5	0,82	0,125
	Г-3; Г-4	60	35	0,85	0,13
	Г-5	80	6	0,87	0,25
2	Г-1; Г-2	25	10,5	0,85	0,14
	Г-3; Г-4	40	35	0,82	0,12
	Г-5	60	6	0,87	0,21

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S_H , МВА	U_H , кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В-Н	С-Н	В-С
1	T-1	100	230	–	115	12	–	–
	T-2	80	220	115	37	10,5	6,5	17
	T-3	40	37	–	10,5	17	–	–
	T-4	63	230	–	10,5	8	–	–
	T-5; T-6	40	220	–	35	11	–	–
	AT-1	63	115	37	6	11	6	17
2	T-1	63	230	–	115	12	–	–
	T-2	25	220	115	37	10,5	6,5	17
	T-3	16	37	–	10,5	17	–	–
	T-4	40	230	–	10,5	8	–	–
	T-5; T-6	40	220	–	35	11	–	–
	AT-1	63	115	37	6	11	6	17

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S_H , МВА	U_H , кВ
1	Н-1	16	35
	Н-2	10	10,5
2	Н-1	20	35
	Н-2	16	10,5

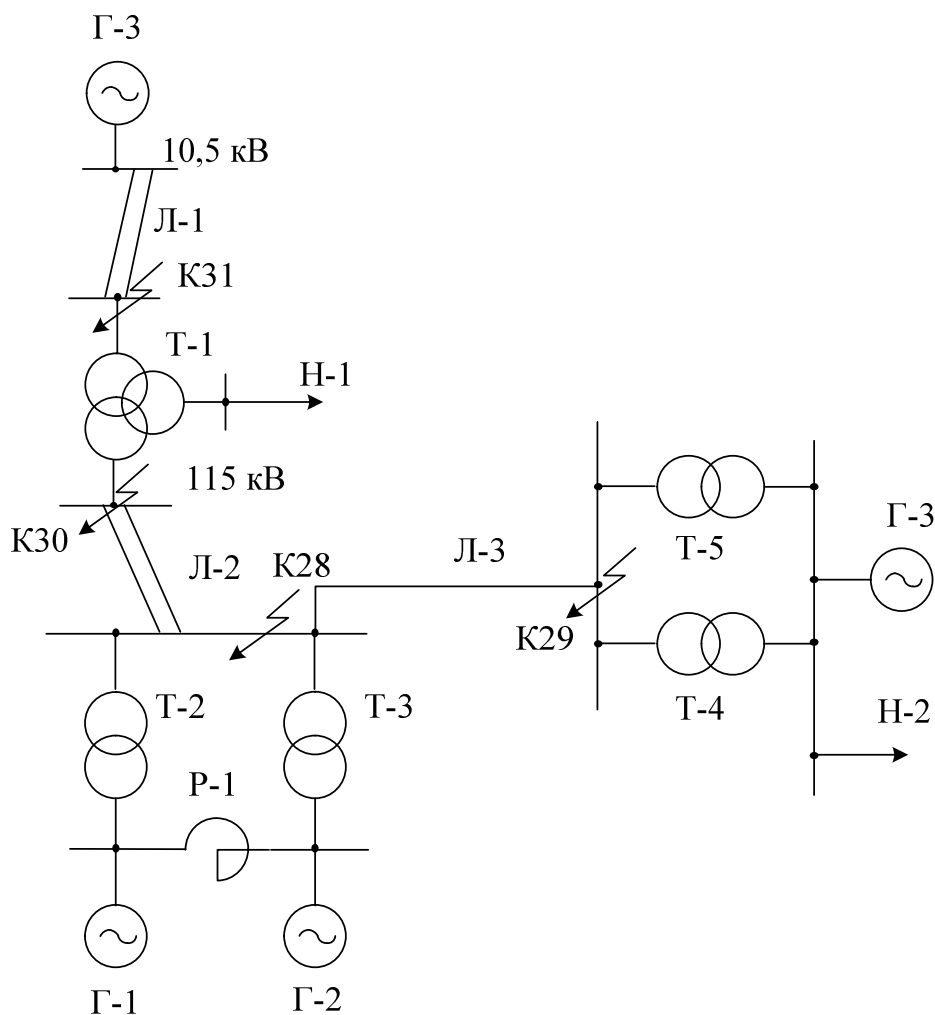
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U_H , кВ	U_K , %	I_H , кА
1	P-1	10	10	1,8
2	P-1	10	7	2,5

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ВЛ	10	0,4	3
	Л-2	ВЛ	25	0,33	3,5
	Л-3	ВЛ	60	0,4	5
	Л-4	ВЛ	40	0,45	3
	Л-5	ВЛ	20	0,42	2,5
2	Л-1	ВЛ	20	0,41	2
	Л-2	ВЛ	45	0,40	3
	Л-3	ВЛ	40	0,42	3
	Л-4	ВЛ	25	0,43	3,5
	Л-5	ВЛ	30	0,4	4

Схема 7



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S _H , MBA	U _H , кВ	cos φ _H	x'' _d
1	Г-1; Г-2	25	10,5	0,8	0,11
	Г-3	60	10,5	0,85	0,12
2	Г-1; Г-2	40	10,5	0,86	0,22
	Г-3	80	10,5	0,86	0,25

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S _н , МВА	U _н , кВ			U _к , %		
			ВН	СН	НН	В–Н	С–Н	В–С
1	Т-1	80	115	10,5	10,5	10	10	20
	Т-2; Т-3	63	115	–	10,5	8	–	–
2	Т-1	63	115	10,5	10,5	10	10	20
	Т-2; Т-3	25	115	–	10,5	11	–	–

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S_H , МВА	U_H , кВ
1	Н-1	4	10,5
2	Н-1	2	10,5

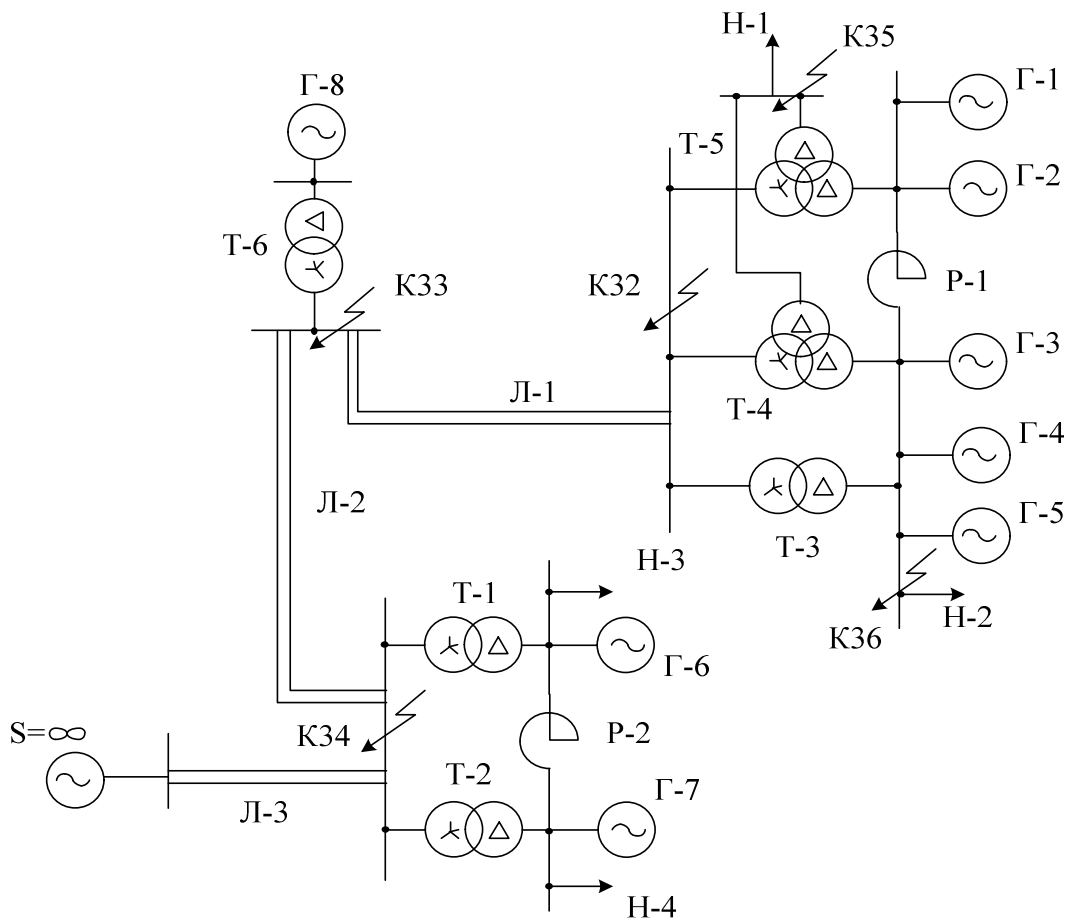
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U_H , кВ	U_K , %	I_H , кА
1	P-1	10	6	0,5
2	P-1	10	10	0,2

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ВЛ	50	0,40	3
	Л-2	ВЛ	60	0,41	3,5
2	Л-1	ВЛ	30	0,41	3
	Л-2	ВЛ	40	0,42	2,5

Схема 8



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \phi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2; Г-5	25	10,5	0,8	0,132
	Г-3; Г-4	60	10,5	0,85	0,13
	Г-6; Г-7	100	10,5	0,85	0,15
	Г-8	32	10,5	0,83	0,148
2	Г-1; Г-2; Г-5	25	10,5	0,85	0,14
	Г-3; Г-4	40	10,5	0,82	0,12
	Г-6; Г-7	60	10,5	0,87	0,21
	Г-8	80	10,5	0,81	0,132

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S _н , МВА	U _н , кВ			U _к , %		
			ВН	СН	НН	В–Н	С–Н	В–С
1	T-1; T-2	40	115	–	10,5	10,5	–	–
	T-3; T-6	63	115	–	10,5	12	–	–
	T-4; T-5	250	115	35	10,5	28	7,5	10,5
2	T-1; T-2	63	115	–	10,5	10,5	–	–
	T-3; T-6	25	115	–	10,5	12	–	–
	T-4; T-5	160	115	35	10,5	28	7,5	10,5

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S _н , МВА	U _н , кВ
1	Н-1	20	35
	Н-2	10	10,5
	Н-3; Н-4	15	10,5
2	Н-1	10	35
	Н-2	16	10,5
	Н-3; Н-4	10	10,5

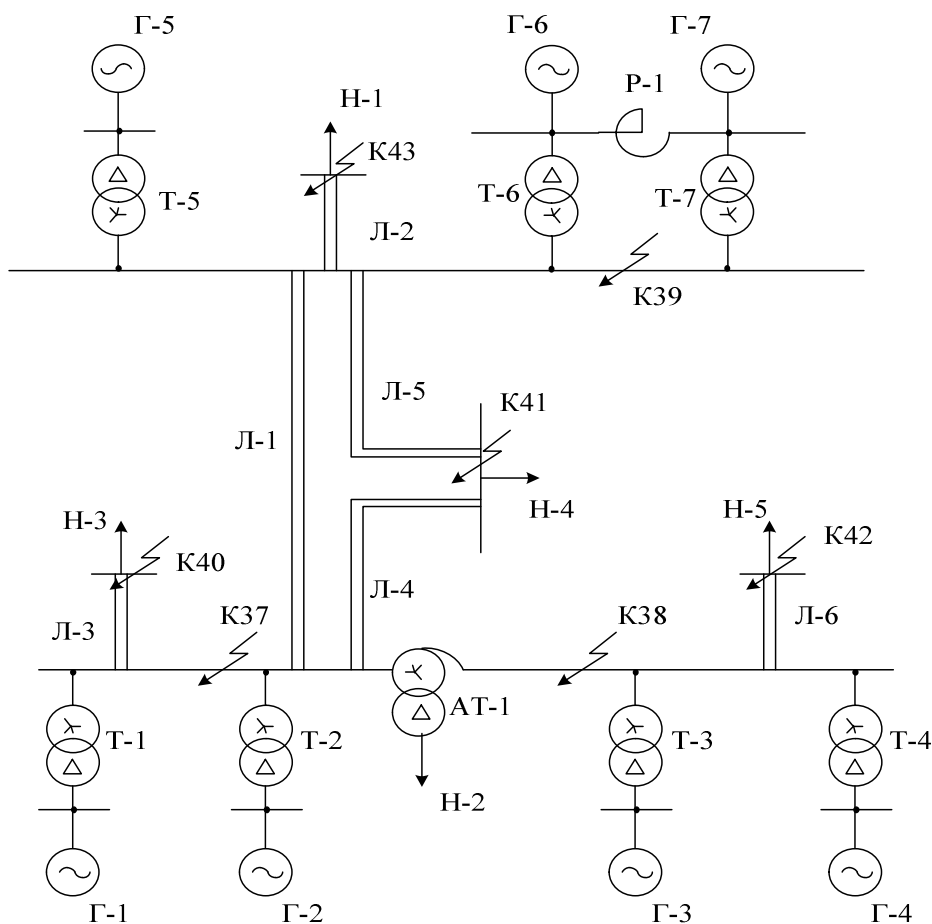
Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U _н , кВ	U _к , %	I _н , кА
1	P-1	10	4	3,2
	P-2	10	10	1
2	P-1	10	7	2,5
	P-2	10	4	1,8

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x ₁ уд, Ом/км	x ₀ / x ₁
1	Л-1	ВЛ	50	0,41	3
	Л-2	ВЛ	15	0,42	3,5
	Л-3	ВЛ	30	0,4	2
2	Л-1	ВЛ	20	0,41	3
	Л-2	ВЛ	25	0,40	3,5
	Л-3	ВЛ	40	0,42	2

Схема 9



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \phi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2; Г-3; Г-4	25	10,5	0,81	0,19
	Г-5; Г-6; Г-7	60	10,5	0,85	0,12
2	Г-1; Г-2; Г-3; Г-4	40	10,5	0,8	0,132
	Г-5; Г-6; Г-7	80	10,5	0,86	0,125

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S_H , МВА	U_H , кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В-Н	С-Н	В-С
1	T-1; T-2	25	115	—	10,5	10,5	—	—
	T-3; T-4	25	35	—	10,5	7,5	—	—
	T-5; T-6; T-7	63	115	—	10,5	10,5	—	—
	AT-1	80	115	35	10,5	18,5	42	23,5
2	T-1; T-2	63	115	—	10,5	10,5	—	—
	T-3; T-4	25	35	—	10,5	7,5	—	—
	T-5; T-6; T-7	40	115	—	10,5	10,5	—	—
	AT-1	160	115	35	10,5	18,5	42	23,5

Характеристика реакторів

Варіант	Реактор	Параметри реакторів		
		U_H , кВ	U_K , %	I_H , кА
1	P-1	10	6	4
2	P-1	10	10	2,5

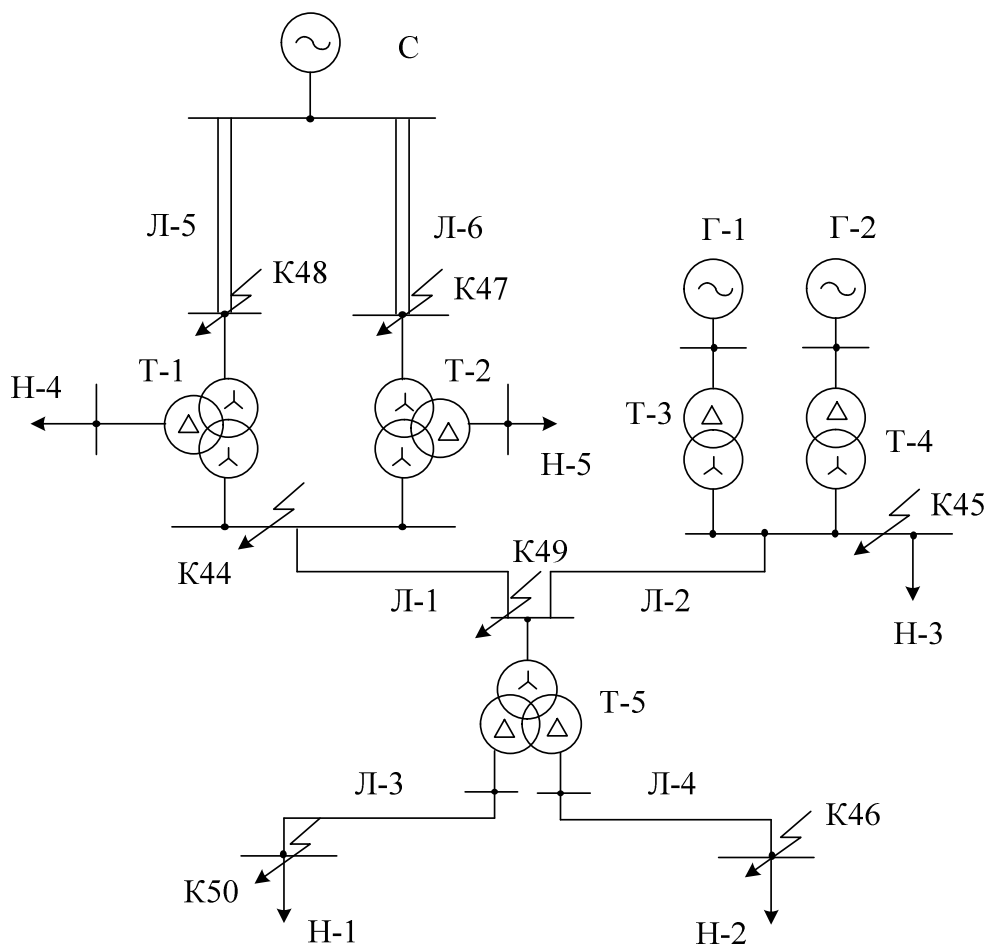
Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S_H , МВА	U_H , кВ
1	Н-1; Н-3	80	115
	Н-2	40	10,5
	Н-4	20	115
	Н-5	10	35
2	Н-1; Н-3	20	115
	Н-2	16	10,5
	Н-4	20	115
	Н-5	8	35

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ВЛ	20	0,40	3
	Л-2	ВЛ	20	0,41	3,5
	Л-3	ВЛ	30	0,42	2,5
	Л-4; Л-5	ВЛ	50	0,4	3
	Л-6	ВЛ	75	0,4	4
2	Л-1	ВЛ	30	0,41	3
	Л-2	ВЛ	40	0,42	2,5
	Л-3	ВЛ	20	0,4	2,5
	Л-4; Л-5	ВЛ	25	0,41	3
	Л-6	ВЛ	40	0,4	3,5

Схема 10



Характеристика генераторів

Варіант	Генератори	Параметри генераторів			
		S_H , МВА	U_H , кВ	$\cos \varphi_H$	x''_d
1	Г-1; Г-2	25	10,5	0,81	0,19
2	Г-1; Г-2	40	10,5	0,86	0,13

Характеристика трансформаторів

Варіант	Трансформатори	Параметри трансформаторів						
		S_H , МВА	U_H , кВ			U_K , %		
			ВН	СН	НН	В–Н	С–Н	В–С
1	Т-1; Т-2	160	220	115	35	18	7	11
	Т-3; Т-4	40	115	–	10,5	7,5	–	–
	Т-5	80	115	10,5	10,5	10,5	–	–
2	Т-1; Т-2	250	220	115	35	18	7	11
	Т-3; Т-4	25	115	–	10,5	11	–	–
	Т-5	40	115	10,5	10,5	17	–	–

Характеристика навантаження

Варіант	Навантаження	Параметри навантаження	
		S_H , МВА	U_H , кВ
1	Н-1; Н-2	20	10,5
	Н-3	40	115
	Н-4	20	35
	Н-5	10	35
2	Н-1; Н-2	20	10,5
	Н-3	16	115
	Н-4	20	35
	Н-5	8	35

Характеристика ліній електропередачі

Варіант	ЛЕП	Параметри ЛЕП			
		Тип	L, км	x_1 уд, Ом/км	x_0/x_1
1	Л-1	ВЛ	20	0,40	3
	Л-2	ВЛ	20	0,41	3,5
	Л-3	ВЛ	30	0,42	2,5
	Л-4	ВЛ	15	0,4	3
	Л-5	ВЛ	50	0,43	5
	Л-6	ВЛ	45	0,4	4
2	Л-1	ВЛ	30	0,41	3
	Л-2	ВЛ	18	0,42	2,5
	Л-3	ВЛ	20	0,4	2,5
	Л-4	ВЛ	25	0,41	3
	Л-5	ВЛ	30	0,43	4,5
	Л-6	ВЛ	40	0,4	3,5

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Черемісін М.М. Перехідні процеси в системах електропостачання. -Харків: Факт, 2005. - 176 с.
2. Г. Г. Півняк, В. М. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен. Перехідні процеси в системах електропостачання. Національна гірнича академія України, 2003. - 597 с.
3. С. А. Ульянов. Электромагнитные переходные процессы. - М.: Энергия, 1970. - 520с.
4. С. А. Ульянов. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам. - М.: Энергия, 1968. - 356 с.
5. В. А. Веников. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М.: Высш. школа, 1985. - 516с.
6. В. Н. Винославский. Переходные процессы в системах электроснаб-жения. - М.: Высш. школа, 1989. - 422 с.
7. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электрических станций и подстанций: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.
8. Электротехнический справочник. В 3т. Кн. 1 / Под общей ред. профессоров МЭИ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНИХ РОБІТ
з курсу

«ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

*(для студентів 3,4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701– "Електротехніка та електротехнології",
а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання")*

Укладачі: **ПІСКУРЬОВ** Михайло Федорович

ШВЕЦЬ Сергій Вікторович

Відповідний за випуск: *В.А. Маляренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2012, поз. 293М

Підп. до друку 18.02.2013

Друк на ризографі

Тираж 50 пр.

Формат 60x84 1/16

Ум.-друк арк. 2,1

Зам. № _____

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №4064 від 12.05.2011р.